

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-071776

(43)Date of publication of application : 12.03.2003

(51)Int.Cl.

B25J 19/02

B25J 5/00

G01L 5/16

(21)Application number : 2001-258144

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 28.08.2001

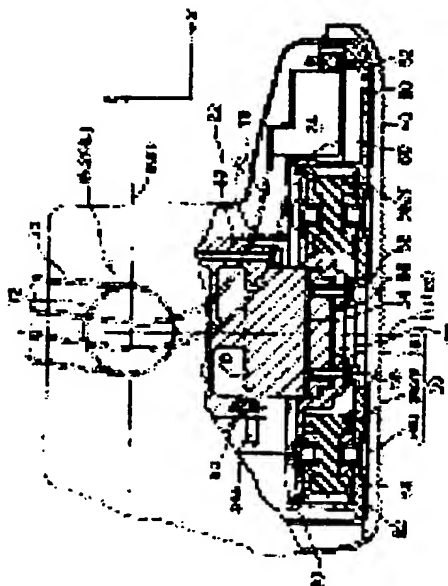
(72)Inventor : HIROSE MASATO  
GOMI HIROSHI

## (54) FLOOR REACTION DETECTOR OF LEG TYPE WALKING ROBOT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a floor reaction detector of a walking robot capable of preventing deterioration of the controllability by improving the precision of detection and reducing the effect of impact when the robot touches the ground while keeping the standing posture stable.

**SOLUTION:** The leg-walking robot has at least an upper body, a plurality of legs connected to the upper body via first joints, and feet parts 22R(L) connected to the ends of the legs via second joints 18 and 20R(L). In the robot, the floor reaction detector 34 is disposed between the second joint and the ground touching end (a sole 40, etc.), of each leg. More specifically, the upper part of the floor reaction detector is connected at a position near the second joint, and a spring mechanism 38 whose rigidity is lower than a member (such as magnesium alloy or titanium) constituting the region near the second joint is mounted on the ground touching end of the leg. The lower part of the floor reaction detector is connected to the ground touching end of the leg via the spring mechanism.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
B 2 5 J 19/02		B 2 5 J 19/02	2 F 0 5 1
5/00		5/00	F 3 C 0 0 7
G 0 1 L 5/16		G 0 1 L 5/16	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-258144(P2001-258144)

(22) 出願日 平成13年8月28日 (2001.8.28)

(71) 出願人 000003326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 広瀬 真人

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72) 発明者 五味 洋

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(74) 代理人 100081972

弁理士 吉田 豊

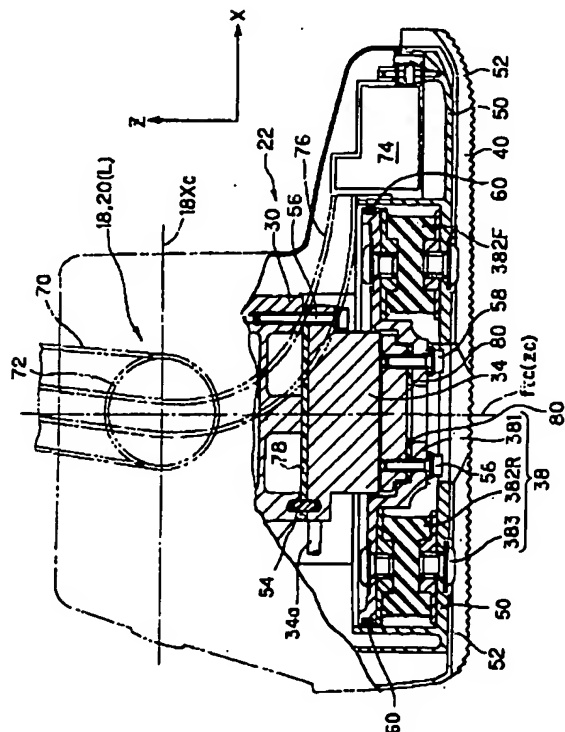
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 脚式歩行ロボットの床反力検出器

## (57) 【要約】

【課題】 検出精度を向上させて制御性を悪化させることがないと共に、起立時の姿勢を安定に保持しつつ、着地時の衝撃の影響を低減するようにした脚式歩行ロボットの床反力検出器を提供する。

【解決手段】 少なくとも上体と、前記上体に第1の関節を介して連結される複数本の脚部を備えると共に、前記脚部の端部に第2の関節 (18, 20R(L)) を介して連結される足部22R(L) を設けた脚式歩行ロボットにおいて、床反力検出器34を、前記第2の関節と前記足部の接地端 (ソール40など) の間に配置する。より具体的には、前記第2の関節付近に前記床反力検出器の上部を接続すると共に、前記足部の接地端に、前記第2の関節付近を構成する部材 (例えばマグネシウム合金やチタン) よりも剛性において低いバネ機構体38を設け、前記床反力検出器の下部を前記バネ機構体を介して前記足部の接地端に接続する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも上体と、前記上体に第1の関節を介して連結される複数本の脚部を備え、前記脚部の端部に第2の関節を介して連結される足部の接地端を介して床面から作用する床反力を検出する床反力検出器を備えた脚式歩行ロボットの床反力検出器において、前記床反力検出器を、前記第2の関節と前記足部の接地端の間に配置することを特徴とする脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項2】 前記第2の関節付近に前記床反力検出器の一端を接続すると共に、前記足部の接地端付近を前記第2の関節付近を構成する部材よりも剛性において低い部材で構成し、前記剛性において低い部材に前記床反力検出器の他端を接続することを特徴とする請求項1項記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項3】 前記剛性において低い部材がバネ機構体からなると共に、前記床反力検出器を前記バネ機構体を介して前記足部の接地端に接続することを特徴とする請求項2項記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項4】 前記バネ機構体は少なくとも2個の弾性材を備え、前記床反力検出器を前記少なくとも2個の弾性材の間に配置することと特徴とする請求項3項記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項5】 前記少なくとも2個の弾性材を前記脚式歩行ロボットの進行方向において相互に所定の位置関係となるように配列すると共に、前記床反力検出器を前記所定の位置関係となるように配列された弾性材の間に配置することを特徴とする請求項4項記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項6】 前記弾性材を前記脚式歩行ロボットの進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向において相互に所定の位置関係となるように配列すると共に、前記床反力検出器を前記所定の位置関係となるように配列された弾性材の間に配置することを特徴とする請求項4項記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項7】 前記バネ機構体は $n$  ( $n \geq 3$ ) 個の弾性材を備え、前記床反力検出器を、前記足部の底面視において前記 $n$ 個の弾性材を頂点とする $n$ 角形の重心付近に配置することを特徴とする請求項3項記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項8】 前記弾性材のうち、前記脚式歩行ロボットの進行方向において前記床反力検出器よりも後方に配置した弾性材の剛性を、前記床反力検出器よりも前方に配置した弾性材の剛性よりも大きく設定することを特徴とする請求項4項、5項および7項のいずれかに記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項9】 前記弾性材のうち、前記脚式歩行ロボットの進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向において、前記床反力検出器よりも前記脚部歩行ロボットの外方に配置した弾性材の剛性を、前記床反力検出器よ

りも前記脚部歩行ロボットの内方に配置した弾性材の剛性よりも大きく設定することを特徴とする請求項4項、6項および7のいずれかに項記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

【請求項10】 前記床反力検出器の付近に絶縁体を配置することを特徴とする請求項1項から9項のいずれかに記載の脚式歩行ロボットの床反力検出器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は脚式歩行ロボットの床反力検出器に関する。

【0002】

【従来の技術】 脚式歩行ロボット、特に2足歩行ロボットにおいては、床反力検出器床面から作用する床反力を例えば6軸力センサなどの床反力検出器を用いて検出し、検出した床反力などに基づいて安定した歩行を実現するように適宜な制御が行われる。この床反力を検出する床反力検出器は、検出精度を向上させるために足部の接地端に近い場所に配置することが望ましく、このため、例えば特開2000-254888号公報で提案されている技術にあっては、床反力検出器を足底下面に取り付け、床反力検出器自体が床面に接するようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、前記した従来技術の場合、床反力検出器自体が床面に接するため、床反力検出器の剛性を向上させなければならないといった不都合があった。また、脚式歩行ロボット、特に2足歩行ロボットの足部は、一方では起立時の姿勢を安定に保持できるように適宜な剛性を備え、他方では遊脚の着地時の衝撃を吸収して緩和できるように適宜な弾性を備えることが望ましい。

【0004】 このような理由から足部に適宜な弾性を備える場合、前記した従来技術にあっては、構成上、床反力検出器よりも上部（より上体に近い部位）に弾性が与えられることになる。しかしながら、床反力検出器よりも上部に弾性が与えられると、床反力検出器により検出された床反力がその部位により吸収されることから、検出した床反力と実際にロボットに作用する力が相違してしまい、制御性を悪化させるといった問題があった。

【0005】 従って、この発明の目的は従来技術の上記した課題を解決し、検出精度を向上させて制御性を悪化させることがないと共に、起立時の姿勢を安定に保持しつつ、着地時の衝撃の影響を低減するようにした脚式歩行ロボットの床反力検出器を提供することにある。

【0006】 また、脚式歩行ロボット、特に2足歩行ロボットにあっては、遊脚の足部は通常踵から着地するため、踵周辺に衝撃が集中し易い。このため、足部の踵周辺が劣化し易く、着地時の衝撃低減効果が経時的に劣化して安定性を低下させるおそれがあると共に、床反力の

検出精度を低下させるといった問題があった。

【0007】また、特に2足歩行ロボットにあっては、足部内方が他脚に干渉するのを防止し、かつ安定性を向上させるために、脚部の中心線に対してロボット外方に位置する足部の面積を、内方に位置する足部の面積に比して大きくすることが望ましい。しかし、このように構成すると、脚部中心線に対して外方に位置する足部により多くの荷重や遊脚によるスピンモーメントなどが加わることになる。このため、その部位が劣化し易く、同様に安定性を低下させるおそれがあると共に、床反力の検出精度を低下させるといった問題があった。

【0008】従って、この発明の第2の目的は、踵周辺、および脚部中心線に対して外方の足部の耐久性を向上させ、着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することにより、安定性および床反力検出精度の低下を防止するようにした脚式歩行ロボットの床反力検出器を提供することにある。

【0009】また、脚式歩行ロボットの小型化（ダウンサイジング）を考えると、足部の内部も種々の制御機器などを収容するための重要なスペースとなる。しかしながら、床反力検出器が配置される足部の内部に制御機器などを収容した場合、収容した制御機器を流れる電流がフレームなどを通じて床反力検出器にノイズとして影響を及ぼす恐れがあった。また、足首関節付近には、足首関節駆動用のモータが配置されるため、そのモータを流れる電流によっても同様な影響を及ぼす恐れがあった。

【0010】従って、この発明の第3の目的は、周辺に配置された制御機器やモータなどの影響を防止するようにした脚式歩行ロボットの床反力検出器を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1項においては、少なくとも上体と、前記上体に第1の関節を介して連結される複数本の脚部を備え、前記脚部の端部に第2の関節を介して連結される足部の接地端を介して床面から作用する床反力を検出する床反力検出器を備えた脚式歩行ロボットの床反力検出器において、前記床反力検出器を、前記第2の関節と前記足部の接地端の間に配置するように構成した。

【0012】床反力検出器を、第2の関節、具体的には足首関節と足部の接地端の間に配置するように構成したので、より接地面に近い位置に配置されることができ、床反力の検出精度を向上させることができると共に、床反力検出器と床面との間に足部の接地端が介挿されることとなって着地時の衝撃の影響を低減することができ、床反力検出器の剛性を向上させる必要がない。

【0013】また、請求項2項においては、前記第2の関節付近に前記床反力検出器の一端を接続すると共に、前記足部の接地端付近を前記第2の関節付近を構成する部材よりも剛性において低い部材で構成し、前記剛性に

おいて低い部材に前記床反力検出器の他端を接続するように構成した。

【0014】前記第2の関節付近に前記床反力検出器の一端を接続すると共に、前記足部の接地端付近を前記第2の関節付近を構成する部材よりも剛性において低い部材で構成し、前記剛性において低い部材に前記床反力検出器の他端を接続するように構成したので、足部に適宜な弾性が与えられ、より一層着地時の衝撃の影響を低減することができる。また、床反力検出器よりも下部に弾性が与えられると共に、その上部（より上体に近い部位）は高い剛性とされることから、床反力の検出精度をより一層向上させることができると共に、検出した床反力と実際にロボットに作用する力が一致し、制御性を悪化させることがない。

【0015】また、請求項3項においては、前記剛性において低い部材がバネ機構体からなると共に、前記床反力検出器を前記バネ機構体を介して前記足部の接地端に接続するように構成した。

【0016】前記剛性において低い部材がバネ機構体からなると共に、前記床反力検出器を前記バネ機構体を介して前記足部の接地端に接続するように構成したので、前記したのと同様な効果を得ることができる。また、バネ機構体を後述の如く構成したので、起立時（静止時）の安定性を維持しつつ、着地時に働く斜め方向の衝撃を緩和することができる。

【0017】また、請求項4項においては、前記バネ機構体は少なくとも2個の弾性材を備えると共に、前記床反力検出器を前記少なくとも2個の弾性材の間に配置するように構成した。

【0018】前記バネ機構体は少なくとも2個の弾性材を備えると共に、前記床反力検出器を前記少なくとも2個の弾性材の間に配置するように構成したので、床反力の検出精度をより一層向上させることができる。

【0019】また、請求項5項においては、前記少なくとも2個の弾性材を前記脚式歩行ロボットの進行方向において相互に所定の位置関係となるように配列すると共に、前記床反力検出器を前記所定の位置関係となるように配列された弾性材の間に配置するように構成した。

【0020】前記少なくとも2個の弾性材を前記脚式歩行ロボットの進行方向において相互に所定の位置関係となるように配列すると共に、前記床反力検出器を前記所定の位置関係となるように配列された弾性材の間に配置するように構成したので、起立時の進行方向（前後方向）の安定性を向上させることができると共に、床反力の検出精度をより一層向上させることができる。

【0021】また、請求項6項においては、前記弾性材を前記脚式歩行ロボットの進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向において相互に所定の位置関係となるように配列すると共に、前記床反力検出器を前記所定の位置関係となるように配列された弾性材の間に配置す

るように構成した。

【0022】前記弾性材を前記脚式歩行ロボットの進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向において相互に所定の位置関係となるように配列すると共に、前記床反力検出器を前記所定の位置関係となるように配列された弾性材の間に配置するように構成したので、起立時の進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向、即ち左右方向の安定性を向上させることができると共に、床反力の検出精度をより一層向上させることができる。

【0023】また、請求項7項においては、前記バネ機構体は $n$  ( $n \geq 3$ ) 個の弾性材を備えると共に、前記床反力検出器を、前記足部の底面視において前記 $n$ 個の弾性材を頂点とする $n$ 角形の重心付近に配置するように構成した。

【0024】前記バネ機構体は $n$  ( $n \geq 3$ ) 個の弾性材を備えると共に、前記床反力検出器を、前記足部の底面視において前記 $n$ 個の弾性材を頂点とする $n$ 角形の重心付近に配置するように構成したので、いかなる方向からの荷重(床反力)に対しても同様な(均一な)衝撃吸収が可能となるため、安定性が向上すると共に、床反力の検出精度をより一層向上させることができる。

【0025】また、請求項8項においては、前記弾性材のうち、前記脚式歩行ロボットの進行方向において前記床反力検出器よりも後方に配置した弾性材の剛性を、前記床反力検出器よりも前方に配置した弾性材の剛性よりも大きく設定するように構成した。

【0026】前記弾性材のうち、前記脚式歩行ロボットの進行方向において前記床反力検出器よりも後方に配置した弾性材の剛性を、前記床反力検出器よりも前方に配置した弾性材の剛性よりも大きく設定するように構成したので、踵周辺の剛性が高まって耐久性が向上し、よって着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することができ、安定性および床反力検出精度を低下させることがない。

【0027】また、請求項9項においては、前記弾性材のうち、前記脚式歩行ロボットの進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向において、前記床反力検出器よりも前記脚部歩行ロボットの外方に配置した弾性材の剛性を、前記床反力検出器よりも前記脚部歩行ロボットの内方に配置した弾性材の剛性よりも大きく設定するように構成した。

【0028】前記弾性材のうち、前記脚式歩行ロボットの進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向において、前記床反力検出器よりも前記脚部歩行ロボットの外方に配置した弾性材の剛性を、前記床反力検出器よりも前記脚部歩行ロボットの内方に配置した弾性材の剛性よりも大きく設定するように構成したので、脚部中心線に対して外方に位置する足部の剛性が高まって耐久性が向上し、よって着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することができ、安定性および床反力検出精度を低下

させることがない。

【0029】また、請求項10項においては、前記床反力検出器の付近に絶縁体を配置するように構成した。

【0030】前記床反力検出器の付近に絶縁体を配置するように構成したので、床反力検出器周辺の付近に配置された制御機器やモータなどに流れる電流の影響を防止することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照してこの発明の一つの実施の形態に係る脚式歩行ロボットの床反力検出器を説明する。

【0032】図1はこの実施の形態に係る床反力検出器が前提とする脚式歩行ロボット、より詳しくは2足歩行ロボットを全体的に示す概略図である。

【0033】図示の如く、2足歩行ロボット(以下「ロボット」という)1は、左右それぞれの脚部(脚部リンク)2に6個の関節を備える。6個の関節は上から順に、股(腰部)の脚部回転用(Z軸まわり)の関節10R, 10L(右側をR、左側をLとする。以下同じ)、股(腰部)のロール方向(X軸まわり)の関節12R, 12L、股(腰部)のピッチ方向(Y軸まわり)の関節14R, 14L、膝部のピッチ方向の関節16R, 16L、足首のピッチ方向の関節18R, 18L、および同ロール方向の関節20R, 20Lから構成される。

【0034】関節18R(L), 20R(L)の下部には足部(足平)22R, Lが取り付けられると共に、最上位には上体(基体)24が設けられ、その内部にマイクロコンピュータからなる制御ユニット26などが格納される。上記において、股関節(あるいは腰関節。前記した第1の関節)は関節10R(L), 12R(L), 14R(L)から、足関節(足首関節。前記した第2の関節)は関節18R(L), 20R(L)から構成される。また、股関節と膝関節(16R(L))とは大腿リンク28R, L、膝関節と足関節とは下腿リンク30R, Lで連結される。

【0035】上記の構成により、脚部2は左右の足それぞれについて6つの自由度を与えられ、歩行中にこれら $6 \times 2 = 12$ 個の関節を適宜な角度で駆動することで、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に3次元空間を歩行させることができる。

【0036】また、同図に示す如く、足関節18, 20R(L)と足平22R(L)の接地端の間には、公知の6軸力センサ(床反力検出器)34が取り付けられ、力の3方向成分 $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ とモーメントの3方向成分 $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ とを測定し、足部の着地(接地)の有無および床面(図示せず)から作用する床反力(接地荷重)などを検出する。また、上体24には傾斜センサ36が設置され、Z軸(鉛直方向(重力方向))に対する傾きとその角速度を検出する。また、各関節を駆動する電動モータには、その回転量を検出するロータリエン

コード(図示せず)が設けられる。

【0037】これら6軸力センサ34などの出力は制御ユニット26に入力され、制御ユニット26はメモリ(図示せず)に格納されているデータおよび入力された検出値に基づいて関節駆動制御値を算出し、前記した関節を駆動する。

【0038】足部22R(L)の接地端と6軸力センサ34の間には、バネ機構体38(後に詳説)が装備されると共に、足底にはソール40が貼られてコンプライアンス機構42を構成する。足部22R(L)が床反力を受けると、コンプライアンス機構42においてバネ機構体38およびソール40がたわみ、足部22R(L)を変位させて着地時の衝撃を緩和する。

【0039】続いて、図2以降を参照して図1に示したロボット1の足部22R(L)の構成、具体的には6軸力センサ34、およびその周辺部材の構成を詳細に説明する。

【0040】図2は前記した足部22R, Lのうち、左脚の足部22Lの側面断面図、図3は図2を底面から見た底面図である。また、足部22R, Lは左右対照であるため、右脚の足部22Rの説明は省略すると共に、以下特に必要な場合を除きR, Lを付すのを省略する。

【0041】図2に示す如く、6軸力センサ34は足関節18, 20と足部22の接地端、より具体的には足部22下部のバネ機構体38、足底フレーム50、足底プレート52およびソール40からなる接地端の間に取り付けられる。これにより、6軸力センサ34がより接地面に近い位置に配置されることとなって検出精度を向上させることができると共に、6軸力センサ34と床面との間に足部22の接地端が介在されることとなって着地時の衝撃の影響を低減することができ、6軸力センサ34の剛性を向上させる必要がない。

【0042】より具体的に説明すると、6軸力センサ34の上部は、足関節18, 20付近の下腿リンク30に位置決めピン54によって位置決めされつつ複数個の上部固定用ボルト56によって締結固定される。下腿リンク30はチタンやマグネシウム合金などの高剛性の金属(合金)により形成される。また、6軸力センサ34の下部は、前記したバネ機構体38を介し、金属製の足底フレーム50に接続される。

【0043】バネ機構体38は、逆Ω状フレーム381と、ゴムブッシュ382(前記し弾性材)と、バネ機構体用ボルト383から構成される。逆Ω状フレーム381は、アルミ(あるいはその合金)からなり、中央に6軸力センサ34下部と略同形の凹部を備える。この凹部に6軸力センサ34を挿入しつつ、6軸力センサ34と逆Ω状フレーム381を複数個(具体的には図1に示すように8個)の下部固定用ボルト58によって締結固定する。これにより、6軸力センサ34をより一層足部22の接地端に近付けることができ、検出精度をより一層

向上させることができる。尚、6軸力センサ34の出力は、ハーネス34aを介して前記した制御ユニット26に入力される。

【0044】断面H状を呈するゴムブッシュ382は6軸力センサ34のまわりに複数個(具体的には図3に示すように4個)配置される。また、逆Ω状フレーム381と足底フレーム50は、上下2個のバネ機構体用ボルト383でこのゴムブッシュ382のH状中央の凹部を挟持しつつ接続される。尚、ゴムブッシュ382は合成ゴムにより形成され、適宜な弾性が与えられる。

【0045】このように構成することで、着地時に6軸力センサ34に加わる衝撃、特に斜め方向に働く衝撃をゴムブッシュ382が変形することによって低減することができる。また、6軸力センサ34の上部が接続される下腿リンク30は、バネ機構体38の全体的な剛性に比して剛性の高い高剛性部材によって形成されるため、より一層検出精度を向上させることができると共に、検出した床反力と実際にロボットに作用する力が一致し、制御性を悪化させることがない。さらに、荷重が重力方向へと加わる起立時(静止時)の安定性を向上させることができる。

【0046】尚、逆Ω状フレーム381と足底フレーム50の間隙にはリング状部材60が介在し、逆Ω状フレーム381が足底フレーム50内を上下に摺動する際にビトンリングのような働きをする。これにより、逆Ω状フレーム381は、ブレのない滑らかな上下摺動が可能となる。このリング状部材60はフッ素樹脂、例えばポリテトラフルオロエチレン(PTFE)などの潤滑性の高い素材により形成される。

【0047】次いで図3を参照して説明すると、足部22の底面(足底面)は大略矩形状を呈し、その中心位置よりも前後方向(X軸方向)においてやや後方に6軸力センサ34が配置される。同図でXcとは、6軸力センサ34のX軸方向における感度中心線を示し、Ycとは、Y軸方向における感度中心線を示す。また、これらX軸方向感度中心線XcおよびY軸方向感度中心線Ycは、図2に良く示す脚部中心線(Z軸方向)ftcと直交する。即ち、6軸力センサ34のZ軸方向感度中心線Zcが脚部中心線ftcと同一となるように6軸力センサ34を配置しているので、ロボット1に作用する床反力を精度良く検出することができる。

【0048】尚、上記で前後方向とはX軸方向を意味し、前記した図1から明らかなように、ロボット1の進行方向を意味する。また、左右(横)方向とはY軸方向を意味し、X軸方向(進行方向)およびZ軸方向(重力方向)に直交する方向を意味する。以下同様とする。

【0049】6軸力センサ34は、互いに所定の位置関係になるように同一直線上に配置された2個のゴムブッシュ382(382FとR、あるいは382aとb。いずれもその下方に位置するバネ機構体用ボルト383で

示す)の中心付近にZ軸方向感度中心線Zcが位置するように配置される。具体的には、進行方向(X軸方向)、より具体的にはX軸方向感度中心線上に位置する2個のゴムブッシュ382FとRの中心付近にZ軸方向感度中心線Zcが位置するように配置されると共に、左右方向(Y軸方向)、より具体的にはY軸方向感度中心線上に位置する2個のゴムブッシュ382aとbの中心付近にZ軸方向感度中心線Zcが位置するように配置される。さらには、4個のゴムブッシュ382(382F, R, a, b)によって形成される四角形、具体的には各頂点が直角の長方形(より具体的には四辺同長の正方形)の重心付近にZ軸方向感度中心線Zcが位置するように配置される。

【0050】これにより、いかなる方向からの荷重(床反力)に対しても同様な(均一な)衝撃吸収が可能となるため、安定性、特に起立時の進行方向(X軸方向)および左右方向(Y軸方向)の安定性が向上すると共に、床反力の検出精度をより一層向上させることができる。

【0051】ところで、脚式歩行ロボット、特に2足歩行ロボットにおいては、通常歩行において遊脚は踵から着地するため、踵周辺の劣化が生じ易いのは前述した通りである。

【0052】このため、この実施の形態にあつては、進行方向(X軸方向)において6軸力センサ34よりも後方のゴムブッシュ382Rの剛性を、6軸力センサ34よりも前方のそれよりも高くするように構成した。6軸力センサ34のZ軸方向感度中心線は前記したように脚部中心線f t cと同一であるため、6軸力センサ34よりも後方のゴムブッシュ382Rとは、即ち踵に近い位置に配置されたものを示す。このように、踵に近い位置に配置されたゴムブッシュ382Rの剛性を高くすることで、踵周辺の剛性が高まって耐久性が向上し、よって着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することができ、安定性および床反力検出精度を低下させることがない。

【0053】説明を続けると、6軸力センサ34のX軸方向感度中心線Xcに対してロボット1における外方の足部22a(同図は左脚の足部22Lであることから、起立時においては同図右側の足部22aが外方となると共に、左側の足部22bが内方となる)は、先端の爪先64から前後方向(X軸方向)後方に向けて左右(横)方向(Y軸方向)の幅(足幅)が徐々に広くなり、さらに、Y軸方向感度中心線Yc付近で最大値をとった後、踵66に向けて前記した爪先64と同じ幅となるように狭くなる形状を呈する。

【0054】前記したように、6軸力センサ34のX軸方向感度中心線Xc(およびY軸方向感度中心線Yc)は、図3に良く示す脚部中心線(Z軸方向)f t cと直交する。即ち、X軸方向感度中心線Xcに対してロボット1における外方の足部22aとは、脚部中心線f t c

に対してロボット1における外方と換言することができる。内方の足部22bについても同様である。

【0055】このように、脚部中心線f t cに対して外方の足部22aの底面は、内方の足部22bの底面に比して面積が大きく形成される。これにより、足部内方(22b)の他脚への干渉を防止すると共に、ロボット1の安定性を維持することができる。

【0056】ここで、面積の大きい外方の足部22aにはより多くの荷重や遊脚によるスピンモーメントなどが加わり、よってその部位が劣化し易いといった問題があるのは前述した通りである。従って、この実施の形態にあつては、脚部中心線f t cに対して外方の足部22aに配置されるゴムブッシュ382aの剛性を、内方の足部22bに配置されるゴムブッシュ382bよりも高くするように構成した。このように、面積の大きい外方の足部22aに配置されたゴムブッシュ382aの剛性を高くすることで、外方の足部22aの剛性が高まって耐久性が向上し、よって着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することができ、安定性および床反力の検出精度を低下させることがない。

【0057】また、足部22の底面には、X軸方向感度中心線Xc付近を除く全面に2分割されたゴム製のソール40が複数個(具体的には9個)のソール固定用ボルト68によって締結固定される。これにより、着地時にロボット1に作用する衝撃をより一層低減することができると共に、足裏の摩擦力を向上させてスリップなどを防止することができる。

【0058】ところで、足関節18, 20は前記したように、ピッチ方向の関節18、およびロール方向の関節20から構成される。具体的には、図2に示すように、足関節18, 20のうち関節18は、モータの回転によって生じた駆動力が減速ギヤ(共に図示せず)を介して伝達されることによって駆動され、足部22にロール方向(X軸まわり。具体的には18Xcで示す足関節ロール方向中心線まわり)において所望の動きを与える。また、関節20は、足部22の上方に設置されたモータ(図示せず)の回転によって生じた駆動力が減速ギヤ(図示せず)、ベルト70およびプーリ72を介して伝達されることにより駆動され、足部22にピッチ方向(Y軸まわり。具体的には足関節ロール方向中心線18Xcと脚部中心線f t cに直交する方向まわり)において所望の動きを与える。

【0059】これらモータを駆動するためのドライバ74を、スペースの有効活用のため、この実施の形態においては6軸力センサ34の配置位置に近い爪先付近に設置した。しかしながら、前述したように、床反力検出器が配置される足部22の内部に制御機器などを収容した場合、収容した制御機器を流れる電流がフレーム(足底フレーム50)など導電性の部材を通じて6軸力センサ34にノイズとして影響を及ぼす恐れがあった。また、

下腿リンク30付近にはモータ自体が設置されると共に、ドライバ74を足部22の爪先付近に設置すると、ドライバ74から各モータへとつながる電線76が例えば図示のように配線されることにより、下腿リンク30を通じた電流によっても同様に6軸力センサ34にノイズの影響を及ぼす恐れがあった。

【0060】そこで、この実施の形態にあっては、6軸力センサ34付近に絶縁体が配置されるように構成した。具体的には、6軸力センサ34の上部と下腿リンク30の間に第1の絶縁体78が介在されると共に、6軸力センサ34の下部と逆Ω状フレーム381の間に第2の絶縁体80が介在される。

【0061】これら第1および第2の絶縁体78、80は、絶縁性が高く、かつ機械的強度の高い部材から形成される。また、前記した位置決めピン54も同様な性質を持つ部材から形成される。

【0062】さらに、図4に良く示すように、(6軸力センサ)上部固定用ボルト56の頭部56aと6軸力センサ34の間には、第1の絶縁ワッシャ82が介在される。また、第1の絶縁体78および6軸力センサ34の上部固定用ボルト56が挿通する部分には第1の絶縁スリーブ84が設けられる。これにより、6軸力センサ34が下腿リンク30および上部固定用ボルト56から完全に絶縁される。

【0063】また、図5に良く示すように、(6軸力センサ)上部固定用ボルト58の頭部58aと逆Ω状フレーム381の間には、第2の絶縁ワッシャ86が介在される。また、第2の絶縁体80および逆Ω状フレーム381の下部固定用ボルト58が挿通する部分には第2の絶縁スリーブ88が設けられる。これにより、6軸力センサ34が逆Ω状フレーム381および下部固定用ボルト58から完全に絶縁される。尚、第1および第2の絶縁ワッシャ82、86、ならびに、第1および第2の絶縁スリーブ84、88も同様に絶縁性が高く、かつ機械的強度の高い部材から形成される。

【0064】このように、6軸力センサ34付近に絶縁体を配置するように構成したので、周辺に配置された制御機器やモータなどに流れる電流の影響を防止することができる。

【0065】図6は、従来技術とこの実施の形態に係る6軸力センサ34における電流によるノイズの影響を対比して示すグラフである。同図から明らかなように、この実施の形態においてはモータ駆動時のノイズを略完全に解消している。

【0066】尚、逆Ω状フレーム381と足底フレーム50は、前記したようにゴムブッシュ382を挟持しつつ接続されていることから、ゴムブッシュ382の絶縁性を向上させることで逆Ω状フレーム381を介した電流の影響を防止することができる。しかしながら、絶縁性を考慮に入れると弾性の設計自由度(材質の選別自由

度)が低下してしまうため、所望の衝撃吸収性能を得ることが困難となるが、上記のように絶縁体を介挿する構成とすることで、係る不具合も解消することができる。

【0067】次いで図7を参照してこの発明の第2の実施の形態に係る脚式歩行ロボットの床反力検出器について説明する。

【0068】図7は、第2の実施の形態に係る床反力検出器を説明するための、図3と同様な足部22R、Lのうち、左脚の足部22Lの底面図である。

【0069】同図に示すように、6軸力センサ34は、同一直線上に配置された2個のゴムブッシュ382(382FaとRb、あるいは382RaとFb、いずれもその下方に位置するバネ機構体用ボルト383で示す)の中心付近にZ軸方向感度中心線Zcが位置するように配置される。さらには、4個のゴムブッシュ382(382F、R、a、b)によって形成される四角形、具体的には各頂点が直角の長方形(より具体的には四辺同長の正方形)の重心付近にZ軸方向感度中心線Zcが位置するように配置されるため、安定性を向上させることができると共に、検出精度をより一層向上させることができる。

【0070】また、この実施の形態の場合、ゴムブッシュ382Fbよりも382Faおよび382Rbを、382Faおよび382Rbよりも382Raの剛性を高くすることで、踵周辺および外方の足部22aの剛性が高まって耐久性が向上し、よって着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することができ、安定性および床反力検出精度を低下させることがない。

【0071】尚、他の構成については前述の実施の形態と同一なため、説明を省略する。

【0072】次いで図8を参照してこの発明の第3の実施の形態に係る脚式歩行ロボットの床反力検出器について説明する。

【0073】図8は、第3の実施の形態に係る床反力検出器を説明するための、図3と同様な足部22R、Lのうち、左脚の足部22Lの底面図である。

【0074】同図に示すように、6軸力センサ34は、3個のゴムブッシュ382(382F、Ra、Rb)によって形成される三角形、具体的には各頂点が同角度の正三角形の重心付近にZ軸方向感度中心線Zcが位置するように配置されるため、安定性を向上させることができると共に、検出精度をより一層向上させることができる。

【0075】また、この実施の形態の場合、ゴムブッシュ382Fよりも382Rbの剛性を高くすると共に、382Rbよりも382Raの剛性を高くすることで、踵周辺および外方の足部22aの剛性が高まって耐久性が向上し、よって着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することができ、安定性および床反力検出精度を低下させることがない。

【0076】尚、他の構成については前述の実施の形態と同一なため、説明を省略する。

【0077】このように、この実施の形態にあっては、少なくとも上体24と、前記上体に第1の関節（股関節（あるいは腰関節）。関節10, 12, 14R(L)）を介して連結される複数本の脚部（脚部リンク2）を備え、前記脚部の端部に第2の関節（足関節（足首関節。関節18, 20R(L)）を介して連結される足部22R(L)の接地端を介して床面から作用する床反力を検出する床反力検出器（6軸力センサ34）を備えた脚式歩行ロボット1の床反力検出器において、前記床反力検出器を、前記第2の関節と前記足部の接地端（バネ機構体38、ソール40、足底フレーム50および足底プレート52）の間に配置するように構成した。

【0078】また、前記第2の関節付近に前記床反力検出器の一端を接続すると共に、前記足部の接地端付近を前記第2の関節付近を構成する部材（下腿リンク30）よりも剛性において低い部材で構成し、前記剛性において低い部材に前記床反力検出器の他端を接続するように構成した。

【0079】具体的には、前記剛性において低い部材がバネ機構体38からなると共に、前記床反力検出器を前記バネ機構体を介して前記足部の接地端に接続するように構成した。

【0080】また、前記バネ機構体は少なくとも2個の弾性材（ゴムブッシュ382）を備えと共に、前記床反力検出器を前記少なくとも2個の弾性材の間に配置するように構成した。

【0081】また、前記少なくとも2個の弾性材を前記脚式歩行ロボットの進行方向（前後方向）において相互に所定の位置関係となるように配列する（ゴムブッシュ382F, R）と共に、前記床反力検出器を前記所定の位置関係となるように配列された弾性材の間に配置するように構成した。

【0082】また、前記少なくとも2個の弾性材を前記脚式歩行ロボットの進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向（左右方向（横方向））において相互に所定の位置関係となるように配列する（ゴムブッシュ382a, b）と共に、前記床反力検出器を前記所定の位置関係となるように配列された弾性材の間に配置するように構成した。

【0083】また、前記バネ機構体は $n$  ( $n \geq 3$ ) 個の弾性材を備えと共に、前記床反力検出器を、前記足部に底面視において前記 $n$ 個の弾性材を頂点とする $n$ 角形の重心付近に配置するように構成した。

【0084】また、前記弾性材のうち、前記脚式歩行ロボットの進行方向において前記床反力検出器よりも後方に配置した弾性材（ゴムブッシュ382R, Ra, Rb）の剛性を、前記床反力検出器よりも前方に配置した弾性材（ゴムブッシュ382F, Fa, Fb）の剛性よ

りも大きく設定するように構成した。

【0085】また、前記弾性材のうち、前記脚式歩行ロボットの進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向において、前記床反力検出器よりも前記脚部歩行ロボット（具体的には脚部中心線f t c）の外方に配置した弾性材（ゴムブッシュ382a, Fa, Ra）の剛性を、前記床反力検出器よりも前記脚部歩行ロボットの内方に配置した弾性材（ゴムブッシュ382b, Fb, Rb）の剛性よりも大きく設定するように構成した。

【0086】また、前記床反力検出器の付近に絶縁体（第1および第2の絶縁体78, 80、第1および第2の絶縁ワッシャ82, 86、第1および第2の絶縁スリーブ84, 88）を設けるように構成した。

【0087】尚、上記において、ゴムブッシュの数を3個あるいは4個とし、それによって形成される多角形を三角形あるいは四角形としたがそれに限られるものではなく、任意の $n$ 個 ( $n \geq 3$ ) のゴムブッシュを用いて任意の $n$ 角形として良い。また、三角形および四角形も例示した長方形（正方形）あるいは正三角形に限られるものではなく、任意に頂点の角度や辺の長さを設定して良く、要はその重心付近に6軸力センサ34を配置するようにすれば良い。

【0088】また、上記した種々の部材の材質も記載したものに限られず、適宜選別しても良いことは言うまでもない。

【0089】また、ゴムブッシュの配置位置に応じてその剛性を相違させるように構成したが、これは、材質の相違によって成しえても良いし、形状の相違によって成しえても良い。

【0090】また、2足歩行ロボットを例にとって説明したが、この発明は3足以上の脚式歩行ロボットにおいても妥当するものである。

【0091】

【発明の効果】請求項1項においては、より接地面に近い位置に配置されることとなって床反力の検出精度を向上させることができると共に、床反力検出器と床面との間に足部の接地端が介挿されることとなって着地時の衝撃の影響を低減することができる。また、床反力検出器と接地面との間に足部の接地端が介在することとなり、床反力検出器の強度を向上させる必要がない。

【0092】請求項2項においては、足部に適宜な弾性が与えられ、より一層着地時の衝撃の影響を低減することができる。また、床反力検出器よりも下部に弾性が与えられると共に、その上部（より上体に近い部位）は高い剛性とされることから、床反力の検出精度をより一層向上させることができると共に、検出した床反力と実際にロボットに作用する力が一致し、制御性を悪化させることがない。

【0093】請求項3項においては、前記したのと同様な効果を得ることができると共に、起立時（静止時）の

安定性を維持しつつ、着地時に働く斜め方向の衝撃を緩和することができる。

【0094】請求項4項においては、検出精度をより一層向上させることができる。

【0095】請求項5項においては、起立時の進行方向（前後方向）の安定性を向上させることができる。

【0096】請求項6項においては、起立時の進行方向と直交し、かつ重力方向と直交する方向、即ち左右方向の安定性を向上させることができる。

【0097】請求項7項においては、いかなる方向からの荷重（床反力）に対しても同様な（均一な）衝撃吸収が可能となるため、安定性が向上すると共に、床反力の検出精度をより一層向上させることができる。

【0098】請求項8項においては、踵周辺の剛性が高まって耐久性が向上し、よって着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することができ、安定性および床反力検出精度を低下させることがない。

【0099】請求項9項においては、脚部中心線に対して外方に位置する足部の剛性が高まって耐久性が向上し、よって着地時の衝撃低減効果の経時的劣化を防止することができ、安定性および床反力検出精度を低下させることがない。

【0100】請求項10項においては、床反力検出器周辺の付近に配置された制御機器やモータなどに流れる電流の影響を防止することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一つの実施の形態に係る脚式歩行ロボットの床反力検出器が前提とする脚式歩行ロボットの正面図である。

【図2】図1に示す脚式歩行ロボットの足部の側面縦断面図である。

【図3】図2に示す足部の底面図である。

【図4】図2に示す断面図の一部を拡大した部分拡大断面図である。

【図5】図2に示す断面図の一部を拡大した図4と同様な部分拡大断面図である。

【図6】この発明に係る脚式歩行ロボットの床反力検出器と従来技術に係る床反力検出器におけるノイズの発生を対比して示すグラフである。

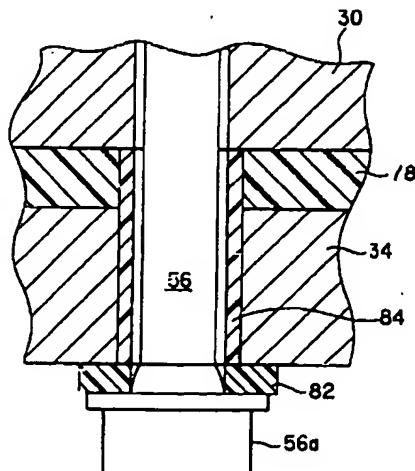
【図7】この発明の第2の実施の形態に係る脚式歩行ロボットの床反力検出器を示す、図3と同様な足部の底面図である。

【図8】この発明の第3の実施の形態に係る脚式歩行ロボットの床反力検出器を示す、図3と同様な足部の底面図である。

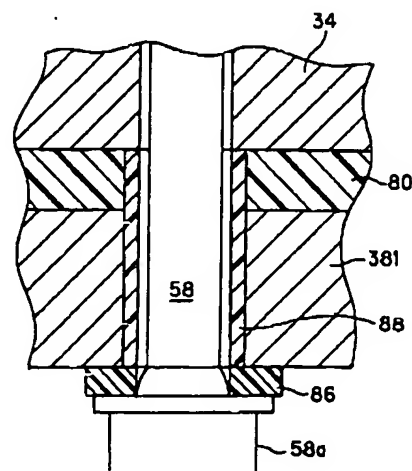
#### 【符号の説明】

- 1 脚式歩行ロボット
- 2 脚部リンク
- 24 上部
- 18, 20R, L 足首関節（第2の関節）
- 22R, L 足部（足平）
- 30 下腿リンク
- 34 6軸力センサ（床反力検出器）
- 38 バネ機構体
- 382 ゴムブッシュ（弾性材）
- 40 ソール
- 50 足底フレーム
- 52 足底プレート
- 78 第1の絶縁体
- 80 第2の絶縁体
- 82 第1の絶縁ワッシャ
- 84 第1の絶縁スリーブ
- 86 第2の絶縁ワッシャ
- 88 第2の絶縁スリーブ

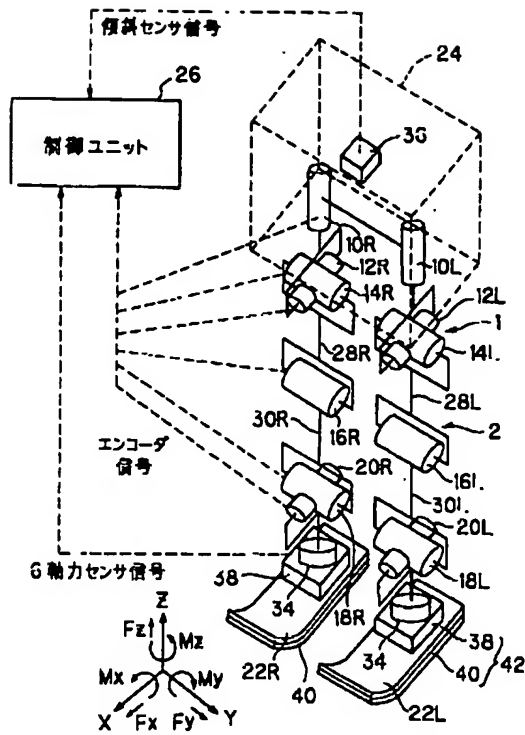
【図4】



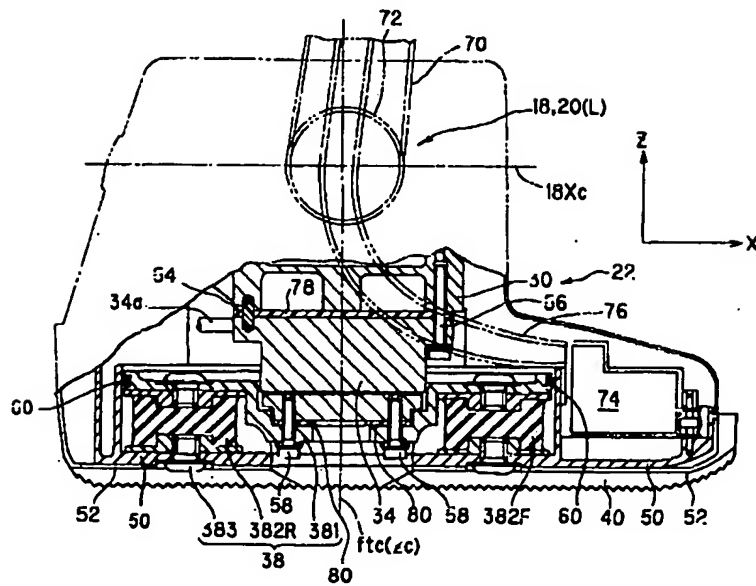
【図5】



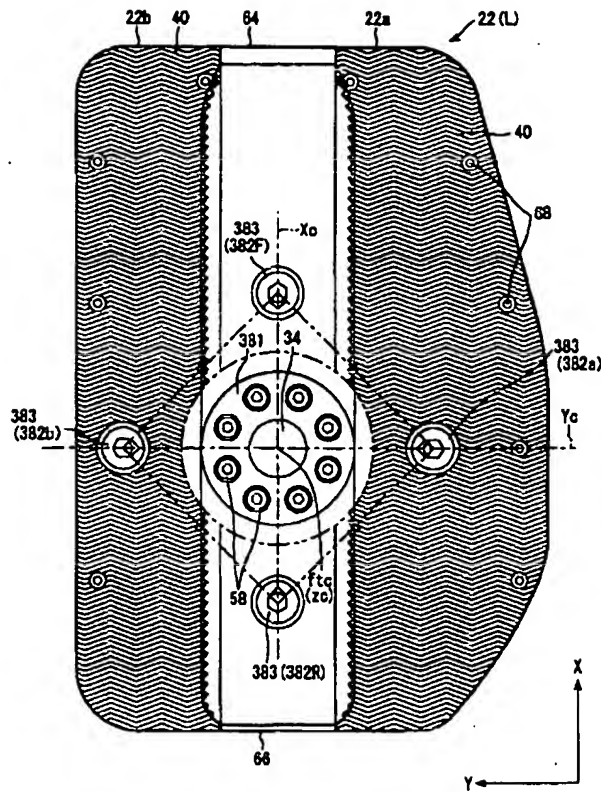
【図1】



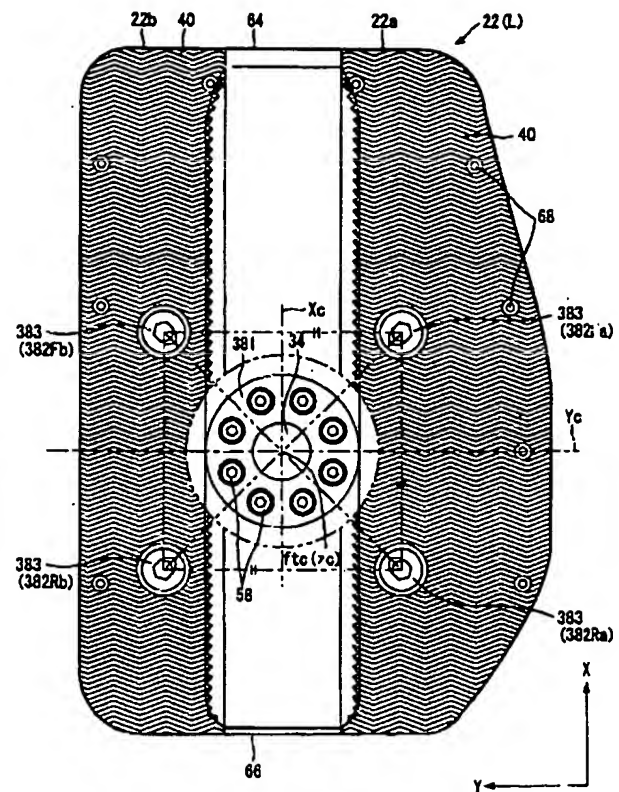
【図2】



【図3】



【図7】



【図6】

